

# 四川省雅安市泥石流灾害危险性评价

李鑫杨<sup>1,2</sup>, 刘庆生<sup>1</sup>, 白淑英<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;  
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 南京信息工程大学 地理与遥感学院, 江苏 南京 210044)

**摘要:** [目的] 对四川省雅安市泥石流灾害危险性进行评价, 为科学合理地预测和应对该区泥石流的发生提供科学依据。[方法] 首先构建危险性评价指标体系, 选取 3 类 8 个评价因子并进行量化分级, 再用层次分析法(AHP)给指标赋权重, 最后用危险性评价模型叠置分析评价因子, 进行雅安市危险度区划, 将雅安市范围的泥石流危险性级别分为轻度(I)、中度(II)、较高(III)、高度(IV)。[结果] 宝兴县的IV区域占比(8.8%)最小, 整体泥石流危险性最低。天全县危险性相对偏低。雨城区、芦山县、名山区的IV级都占比约 20.0%, 整体泥石流危险性居中; 荣经县和汉源县整体泥石流危险性偏高, IV级占比约 45.0%; 石棉县的泥石流危险性最高, IV级区域占比高达 57.4%, III级区域占比高达 24.4%。[结论] 加强预防高度危险区的泥石流灾害能力, 警惕较高危险区泥石流潜在危险性。采用合理有效的措施(灾害监测, 气象预报, 植树种草)将雅安市泥石流危险性尽可能降低。

**关键词:** 泥石流危险性评价; 雅安市; 评价因子; 量化分级; 危险度区划

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)02-0278-06

**中图分类号:** P642.23

**文献参数:** 李鑫杨, 刘庆生, 白淑英. 四川省雅安市泥石流灾害危险性评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 278-283. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.042; Li Xinyang, Liu Qingsheng, Bai Shuying. Evaluation of Debris Flow Hazard in Ya'an City of Sichuan Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 278-283. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.042

## Evaluation of Debris Flow Hazard in Ya'an City of Sichuan Province

LI Xinyang<sup>1,2</sup>, LIU Qingsheng<sup>1</sup>, BAI Shuying<sup>3</sup>

(1. State Key Lab of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. College of Geography and Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jingsu 210044, China)

**Abstract:** [Objective] The risk of debris flow in Ya'an City was evaluated to provide scientific basis for predicting and dealing with debris flow scientifically and reasonably. [Methods] Firstly, a quantitative-hierarchy factors assessing system, including nine factors of three categories, was established. The factors were weighted by method of analytic hierarchy process(AHP). Finally, assessment model of hazard was applied to the spatial overlay analysis and took debris flow hazard division in Ya'an City. The division map of debris flow hazard included low-risk zone(I), risk zone(II), high-risk zone(III) and higher-risk zone(IV). [Results] Baoxing county had the lowest risk, only 8.8% was covered by IV zone. Risk of debris flow in Tianquan County was determined as fairly low as well. About 20.0% of Yucheng, Lushan, Mingshan County are covered by IV zone, and the two counties have moderate level risk. Risk of debris flow in Yingjing and Hanyuan County is fairly high, IV zone covered 45.0% approximately. The debris flow risk in Shimian County hits the top. The percent of IV going up to 57.4%, and the percent of III up to 24.4%. [Conclusion] The capacity of debris flow disaster should be enhanced in prevention of IV grade risk, be alert to the potential danger in III.

收稿日期: 2016-07-02

修回日期: 2016-09-12

资助项目: 中国科学院战略性先导科技专项: 基础数据库建设专题(XDA05050601); 中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室自主研究项目(08R8A010YA)

第一作者: 李鑫杨(1992—), 女(汉族), 内蒙古自治区赤峰市人, 硕士研究生, 研究方向为 GIS 和遥感应用。E-mail: lixy.15s@igsnr.ac.cn.

通讯作者: 刘庆生(1961—), 男(汉族), 山西省沂州市人, 博士, 副研究员, 主要从事遥感与地理信息系统在资源环境评价中的应用研究。E-mail: liuqs@reis.ac.cn.

The measures have monitoring, weather forecast, tree and grass plantation.

**Keywords:** debris flow hazard analyzing; Ya'an City; assessing factors; hazard zoning

泥石流危险性评价,是评估泥石流灾害对生命和财产可能造成损失的严重程度,它以一系列等级为依据进行评估,这些等级是根据泥石流历史活动情况记录和山地区域环境条件的分析而划分出的每个区域泥石流的危险等级<sup>[1]</sup>。在泥石流多发地进行泥石流危险性评价可以为基础设施建设、生产建设布局、人口安置、城市规划提供决策的基础资料,对生态保护的有效开展、项目建设的社会经济效益优化有着积极作用;与此同时,也可以实现对灾害的预判和防治。20 世纪 80 年代,钟敦伦等<sup>[2]</sup>对 1981 年夏季四川大部分地区的系列暴雨泥石流进行野外考察和室内总结,并分析了当地的泥石流特征、形成条件和泥石流发展趋势,生成了 1981 年四川暴雨泥石流分布及危害的现状图(涵盖了包括雅安市在内的四川大部分地域),虽然在泥石流的形成条件方面做了详细的分析,但是只用文字对泥石流的发展概要趋势进行了阐述;2002 年,李辉霞<sup>[3]</sup>对雅安地区的水土流失危险度作了评价和分区,将雅安市的水土流失危险性进行量级的划分,但是仅仅是从水土流失现状和驱动力两个方面建立的水土流失危险度综合评价模型,指标数量较少;2004 年刘希林和苏鹏程<sup>[4]</sup>对比分析 1990 和 2000 年四川省泥石流灾害易损度,通过对泥石流灾害风险的定量计算,得出 2000 年四川省泥石流灾害风险评价的结果,并依此判断雅安市为四川省泥石流灾害高风险区;陈宜娟等<sup>[4]</sup>采用刘希林和莫多闻<sup>[4-6]</sup>提出的区域泥石流危险度和易损度评价模型  $R_{\text{区}} = H_{\text{区}} \cdot V_{\text{区}}$  对川西地区进行泥石流风险区划,这几项研究都是基于危险度和易损度评价模型,评价结果都是以县区为基本评价单元;2014 年于金蓉等<sup>[7]</sup>曾基于 GIS 空间建模对雅安市泥石流危险度进行评估,但是欠缺详细的评估结果;刘丽娜<sup>[8]</sup>曾对雅安市芦山县进行泥石流易发性的研究,研究方法是基于确定性系数法与滑坡物源和基于地貌信息熵法的评价方法;王家柱等<sup>[9]</sup>在 2015 年以位于雅安市天全县大叶龙沟泥石流作为研究对象,计算了泥石流动力学特征,引用刘希林学者 90 年代末提出的函数赋值模型对大叶龙沟泥石流流域危险度进行了定量的评价。综上所述,以县区为基本评价单元对泥石流危险性进行评价时,一个县或区只被赋予一种危险度值,但是某县区范围内的泥石流不一定只有一种危险性,所以有必要逾越县区界线对雅安市整体进行泥石流危险性评价。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

雅安市位于长江上游岷江水系的大渡河和它的青衣江支流流域,坐落于西部四川盆地的北纬  $28^{\circ}51'10''$ — $30^{\circ}56'40''$  与东经  $101^{\circ}56'26''$ — $103^{\circ}23'28''$ ,幅员面积  $1.53 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是青藏高原向成都平原的过渡地带。全市呈北西南高东低的地形,山地地形占全市地形总面积的 90% 以上,丘陵与平坝占总面积约 6%。气候类型为亚热带季风性湿润气候,年均气温在  $14.1 \sim 17.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年均降雨量 1 800 mm 左右,有“雨城”之称,是四川降雨量最多的区域。雅安市下辖雨城区、名山区 2 个市辖区,荥经县、汉源县、石棉县、天全县、芦山县、宝兴县 6 个县。第 6 次全国人口普查雅安市常住人口为 150.73 万人。

### 1.2 数据处理

水文气象类评价因子采用了“全国气象台站矢量数据”和“四川省 2013—2014 年日降雨量数据”,其中年均降雨量因子利用了汛期 7—9 月的降雨数据。将降雨数据空间化后通过 ArcMap 中的地统计模块,用克里金插值的方法获取整个四川省的汛期平均最大 3 日降雨量、汛期平均降雨量、 $\geq 50 \text{ mm}$  汛期平均暴雨日数;地形地貌类评价因子提取自“ASTER GDEM 30 m 分辨率数据”和“地球系统科学数据共享网西南山地分中心 (<http://imde.geodata.cn>) 四川泥石流分布数据”,地形起伏度和山坡坡度用 ArcMap 的表面分析工具进行提取,研究区的沟谷密度通过 DEM 提取研究区河网矢量生成(图 1);地质类评价因子以“250 万中国地质图”作为原始数据,距断层距离通过断层文件建立分级缓冲区进行提取,地层岩性是依据地质图的岩性数据分组识别后输出为矢量图层进行提取。所有评价因子数据结果均经过了相同的投影变换、统一了数据结构,从而实现数据层之间的对比、计算与分析。

### 1.3 研究方法

评价因子量化分级:鉴于不同的评价因子的计量单位不同,取值范围变幅不一,评价因子的类型有定性的也有定量的。所以量化处理上述评价因子是非常必要的,各因子对泥石流危险性的影响程度采用 5 级量化分级指标表示(表 1)。分级的值数越高说明其对泥石流的影响程度越大,泥石流危险程度越高。

评价因子权重确定:AHP 决策分析法(analytic

hierarchy process, AHP), 是美国运筹学家, 匹兹堡大学教授萨迪等<sup>[10]</sup>在 20 世纪 70 年代提出来和广泛

应用的。是系统分析法的数学工具之一, 是一种定性  
与定量相结合的决策分析方法。基本步骤为:

表 1 泥石流危险度评价指标分级标准及赋值

类型	评价因子	分级标准及赋值				
		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
地质构造	地层岩性	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	第四系
	距断层距离/m	>8 000	6 000~8 000	4 000~6 000	2 000~4 000	<2 000
地形地貌	地形起伏度/m	<20	20~50	50~100	100~250	>250
	山坡坡度/(°)	<10	>58	10~25	40~58	25~40
	沟谷密度/(km·km <sup>-2</sup> )	<0.2	0.2~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	>0.7
	汛期平均降雨量/mm	<1 800	1 800~2100	2 100~2 600	2 600~3 000	>3 000
水文气象	汛期平均最大 3 d 降雨量/mm	<1 300	1 300~1 600	1 600~1 900	1 900~2 100	>2 100
	≥50 m 汛期平均暴雨日数/d	<42	42~45	45~47	47~50	>50

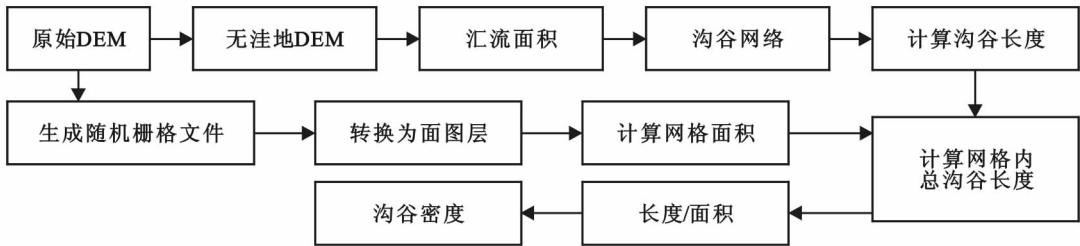


图 1 沟谷密度计算流程图

(1) 雅安市泥石流危险度评价层次结构模型。将泥石流危险性评价因子进行层次的划分, 并按照因子的隶属关系进行分组。本次研究将泥石流评价指

标分为 2 个层次, 第 1 层包括 3 个因子, 分别是地质类因子、地形地貌类因子、水文因子, 每一个因子又包括很多子要素, 具体的层次模型如图 2 所示。

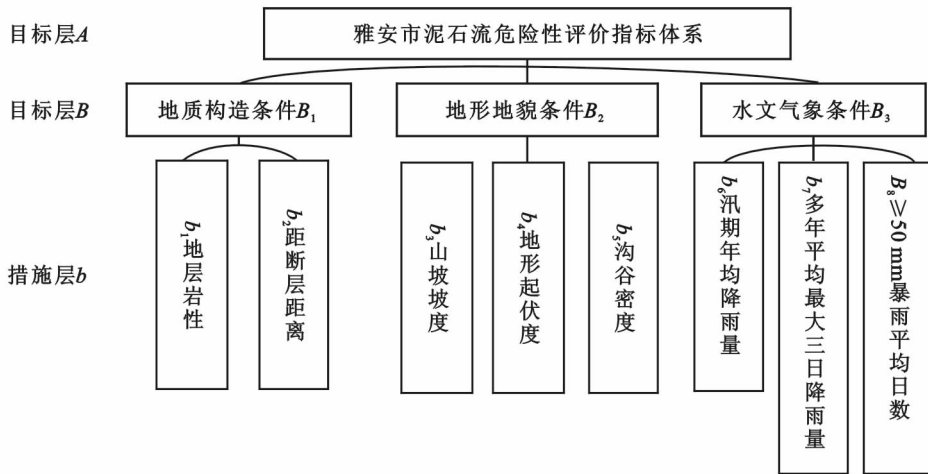


图 2 评价指标体系结构模型

(2) 构造判断矩阵并赋值。准则层判断矩阵:

措施层判断矩阵:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & \frac{2}{3} & \frac{4}{3} \\ \frac{3}{2} & 1 & \frac{4}{5} \\ \frac{3}{4} & \frac{5}{4} & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}; \quad B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & 1 & 3 \\ 3 & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix};$$

$$B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \frac{3}{2} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{3}{2} \\ \frac{2}{3} & \frac{2}{3} & 1 \end{pmatrix}$$

(3) 层次单排序及一致性检验。当一致性比例  $C.R. < 0.1$  时,认为判断矩阵的一致性是可以接受的。当  $C.R. \geq 0.1$  时,则需要重新调整判断矩阵,直到满足  $C.R. < 0.1$  为止。如表 2 所示,经归一化后的  $W_A = [0.320\ 2, 0.353\ 9, 0.325\ 9]$  依次对应准则层各要素(地质构造因子、地形地貌因子、水文气象因子)相对于研究区泥石流危险性评价相对重要性权重向量; $W_{B_1} = [0.666\ 7, 0.333\ 3]$  即为地质构造条件措施层因子(地层岩性、距断层距离)的相对重要性权重向量; $W_{B_2} = [0.289\ 7, 0.379\ 3, 0.331\ 3]$  即为地形地貌条件措施层因子(山坡坡度、地形起伏度、沟谷密度)的相对重要性的权重向量; $W_{B_3} = [0.463\ 2, 0.291\ 8, 0.245\ 1]$  即为地形地貌条件措施层因子(汛期平均降雨量、汛期平均最大 3 日降雨量、 $\geq 50\ m$  汛期平均暴雨日数)的相对重要性权重向量。

(4) 危险性评价模型。由于研究区具有地域辽阔、范围较大及泥石流灾害影响因素众多等特点,故把研究区看作是一个具有一定层次性和不确定性的系统,根据系统分析理论,本研究采用了层次分析法和 GIS 相结合的方法来计算泥石流危险性指数。泥石流危险性指数定义为某一地区的某一地段的某一栅格位置上的各种影响因素对泥石流灾害产生的综合叠加影响,其表达式为<sup>[11]</sup>:

$$W = \sum_{i=0}^n \theta_i Q_i \quad (1)$$

式中: $W$ ——泥石流危险性指数; $Q_i$ ——控制泥石流危险程度的评价因子的评分; $\theta_i$ ——控制泥石流危险程度的第  $i$  类评价因子的权重; $n$ ——评价因子的个数。

表 2 判断矩阵一致性检验

判断矩阵	C.R.	权向量 W	一致性结果
A	0.090 4	$W_A = \begin{pmatrix} 0.320\ 2 \\ 0.353\ 9 \\ 0.325\ 9 \end{pmatrix}$	C.R. < 0.10, 具有较满意的一致性,无需调整判断矩阵的元素取值。
$B_1$	0	$W_{B_1} = \begin{pmatrix} 0.666\ 7 \\ 0.333\ 3 \end{pmatrix}$	
$B_2$	0.000 87	$W_{B_2} = \begin{pmatrix} 0.289\ 4 \\ 0.379\ 3 \\ 0.331\ 3 \end{pmatrix}$	
$B_3$	0.051 6	$W_{B_3} = \begin{pmatrix} 0.463\ 2 \\ 0.291\ 8 \\ 0.245\ 1 \end{pmatrix}$	

注:C.R. 为一致性比例。

## 2 结果与分析

### 2.1 评价因子提取结果

根据上述评价因子的等级划分标准转换为栅格图层,用空间分析模块进行重分类,分别得到表 3 所示的结果。

### 2.2 层次总排序及一致性检验

将各个评价因子的单准则权重自大而小进行总排序,表 5 最后一列是每个因子的总排序权重。总排序结果的一致性检验结果为  $C.R. = 0.018\ 6 < 0.1$ 。可以认为层次总排序也有较满意的一致性,则最终得出的权重结果比较合适,此结果可以用来进行下一步研究。

表 3 泥石流危险度评价因子提取结果

准则层因子	措施层因子	评价因子量化分级依据及说明
水文气象	汛期最大 3 d 降雨量	由降雨数据计算得到,2013—2014 年的汛期平均最大 3 日降雨量在 895~2527 mm,最大 3 d 降雨量是汛期年均降雨量的补充资料
	汛期年均降雨量	研究区降雨主要集中在雨季,雨季的降雨量丰沛,有时土体湿度大到会处于饱和状态,形成泥石流的水动力条件充足,泥石流形成的水源条件才充分具备 <sup>[12]</sup>
	$\geq 50\ mm$ 汛期年均暴雨日数	降雨日数常选取 $\geq 25\ mm$ 大雨日数或者 $\geq 50\ mm$ 暴雨日数作为评价因子 <sup>[6]</sup> ,由于川西雅安市属于多雨地区,暴雨常见,就可以因地制宜地选取 $\geq 50\ mm$ 暴雨日数作为评价因子。由降雨数据计算得到,2013—2014 年的汛期平均暴雨日数在 37~53 d
地质构造	地层岩性因子	岩性反映了岩石的力学性能,未风化的岩体密实程度好,坚硬稳定,不易产生泥石流。但风化岩体抗风化抗侵蚀能力弱,易发生泥石流。地层岩性因子的岩组划分根据《工程岩体分级标准》(GB50218-94)中将研究区的地层岩性划分为 5 个岩组 <sup>[13]</sup> (表 4)
	距断层距离因子	泥石流的分布与断裂构造的分布关系密切,距断裂距离小,岩石抗溶蚀、侵蚀、风化等的能力就越低。参考文献 <sup>[14]</sup> 中将断裂带以 1 km 为缓冲半径进行缓冲区分析,由于雅安市与参考文献中的研究区面积相差两个量级,所以将两个研究区利用对数的方法进行对比分析计算适合雅安市的缓冲区半径约为 2 000 m

续表 3

准则层因子	措施层因子	评价因子量化分级依据及说明
地形地貌	地形起伏度因子	通常来说若地形起伏平坦且坡度适中而且植被覆盖较好的山坡,不易产生泥石流;而地形起伏强烈且坡度危险之地土体长处于不稳定的状态,若有河流冲刷、暴雨激发,极易产生泥石流。其中,地形起伏度的量化分级依照了文献 <sup>[12]</sup> 的划分方法
	沟谷密度因子	沟谷密度被称作沟道密度、沟壑密度,指单位面积内沟壑的总长度,单位为 km/km <sup>2</sup> 。沟谷密度大说明地面被切割的破碎不堪导致这样的地面必然起伏不平有众多斜坡,这不仅使地表固体物质稳定程度降低也容易造成径流 <sup>[15]</sup> 。沟谷密度的分级是根据文献 <sup>[16]</sup> 中的定级指标经过单位换算的结果,数学表达式为: $D = \sum L/A$ 。式中: $D$ ——沟壑密度; $\sum L$ ——流域范围内沟壑的总长度(km); $A$ ——流域面积(km <sup>2</sup> )。
	山坡坡度因子	当山坡坡度为 15°~40°时较易发生泥石流。当坡度 >40°亦或 <15°时,山地稳定性较高,孕育泥石流的可能性小。当坡度为 20°~30°时不仅有利于形成剪切滑动面还会堆积形成松散碎屑物,非常容易发生泥石流;坡度为 10°~30°的地区容易暴发泥石流。在坡度为 15°~40°的地区发生泥石流的可能性是坡度为 5°~15°区域的 7 倍。从整体上讲造成泥石流发生的平均坡度为 20°~40°,因为此种情况下碎屑物源处于临界平衡状态,其稳定性差 <sup>[14]</sup> 。因此,坡度分级参考文献 <sup>[13]</sup> 中的坡度分级表中的数据而定

表 4 岩性分类

岩组类型	地层单元	特征简述
极软岩、软岩 (软岩)	(1) 灰—深灰色页岩为主间夹灰岩、泥灰岩的地层体,富含双壳、菊石、有孔虫等 (2) 为含砾砂岩、粗砂岩、细砂岩、粉砂岩、页岩、砂质泥岩、泥灰岩等类复理石沉积 (3) 扎达日段以冰海杂砾岩为主夹含砾砂板岩、页岩	有软弱岩石夹层或互层
较软岩	(1) 灰色板岩、千枚岩(或页岩)为主,含菊石、双壳类化石 (2) 杂色、灰至灰黑色与砂岩互层夹玄武岩、安山岩、凝灰岩、硅质岩及灰岩等	有较软弱岩石夹层或互层
较硬岩	(1) 白色、黄灰色石英砂岩夹细砾岩为主,局部含灰岩 (2) 曲乡组由各种片岩、片麻岩、变粒岩组成;江东组以各种片岩、片麻岩、变粒岩、混合岩为主,间夹大理岩	有较坚硬岩石夹层或互层
坚硬岩	(1) 白色中细粒半自形花岗结构,主要由石英、长石、黑云母、白云母等组成 (2) 灰白色、浅红色中细粒—中粗粒花岗结构,斜长石、钾长石近于等量,次为石英、黑云母 (3) 常由蛇纹石化辉橄岩、橄榄岩等组成,时见碳酸盐化、绿帘石化、绢石化	均为坚硬岩石组成
松散堆积物岩组 (第四系)	为残坡积、冲洪积,冰川、冰缘沉积,风成及泥石流等重力沉积,由泥砂、砾、岩石碎块等组成	未成岩的松散堆积物

表 5 评价因子层次总排序

指标层	地质构造	地形地貌	水文气象	措施层因素
	0.320 2	0.353 9	0.325 9	总排序及权重
地层岩性	0.666 7	0.000 0	0.000 0	0.213 5
距断层距离	0.333 3	0.000 0	0.000 0	0.106 7
山坡坡度	0.000 0	0.289 7	0.000 0	0.102 5
地形起伏度	0.000 0	0.379 3	0.000 0	0.134 2
沟谷密度	0.000 0	0.331 3	0.000 0	0.117 2
汛期年均降雨量	0.000 0	0.000 0	0.463 2	0.151 0
多年平均最大 3 d 降雨量	0.000 0	0.000 0	0.291 8	0.095 1
≥50 mm 暴雨平均日数	0.000 0	0.000 0	0.245 1	0.079 9

### 2.3 区划结果

各因子叠置计算得到雅安市的泥石流危险度值,

研究区的危险度值范围是 1.3~4.2。依据文献<sup>[17]</sup>中的 3 个分界值将研究区共分为 4 个危险等级(图

3); <2.3 (I 轻度危险区), 2.3~2.6 (II 中度危险区), 2.6~2.9 (III 较高危险区), >2.9 (IV 高度危险区)。危险等级越高, 泥石流发生的危险性概率就越大, 随着颜色由浅色调过渡到深色调, 危险度级别升高, 地区发生泥石流的概率呈递增态势。

## 2.4 结果验证

将泥石流实际灾害点数据制成泥石流点密度数

据对泥石流危险度区划结果进行验证(表6), 可见, 160个点中, 66个点落入IV等级区域, 37个点落入III等级区域, 45个点落入II等级区域, 12个点落入I等级区域。在雅安市范围内, IV有5 051.5 km<sup>2</sup>, 占雅安市的31.1%。区域平均泥石流点密度随着危险性级别的递增而增加, IV等级区域的平均泥石流点密度达到1.8个/10 km<sup>2</sup>。

表6 泥石流危险性评价结果与实际泥石流灾害点对比

危险等级	I	II	III	IV	总计
实际灾害点个数/个	12	45	37	66	160
个数占比/%	7.5	28.1	23.1	41.3	100.0
面积/km <sup>2</sup>	2 264.1	5 102.2	3 814.7	5 051.5	16 232.5
面积占比/%	13.9	31.4	23.5	31.1	100.0
平均泥石流点密度/(个·10 <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup> )	0.7	1.1	1.4	1.8	

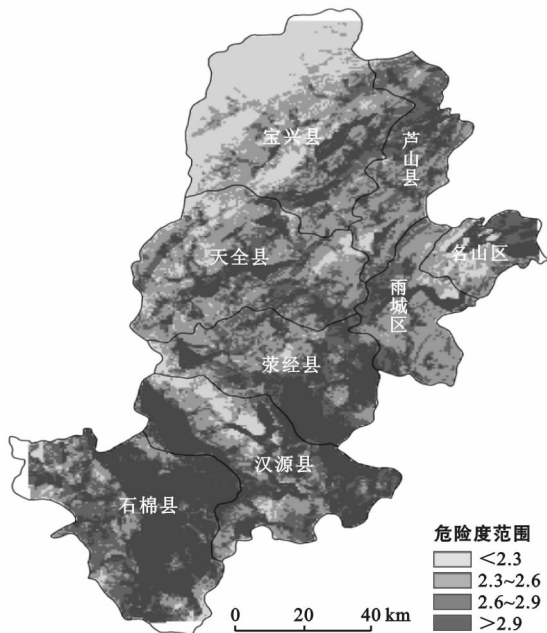


图3 雅安市泥石流危险度区划图

## 3 结论

在雅安市的8个县区中, 泥石流危险性等级从I—IV皆有着不同程度的分布。宝兴县的IV占8.8%, I, II, III区域占了宝兴县的大部分, 宝兴县整体的泥石流危险性最低, 是雅安市8个县市中IV面积占比最小且I面积占比最大的(43.9%); 天全县的整体泥石流危险性相对较低, IV占了19.3%, 虽然面积较小但是也要引起相当的重视; 雨城区、芦山县、名山区的IV都占20%左右, 整体泥石流危险性居中, 其中, 芦山县的III所占的面积40.9%与雨城区的26.1%和名山区的22.6%相比是最大的, 所以要警惕芦山地区危险性为III的泥石流区域突破临界值转

化为IV; 荣经县和汉源县境内IV占了很大的面积, 分别为42.7%和45.1%, 而且荣经县III的占比也很高(27.9%), 两地的整体泥石流危险性偏高; 石棉县的整体泥石流危险性最高, IV的占比高达57.4%, III的占比达24.4%, 所以要在石棉地区科学合理的预防泥石流的发生。

考虑到泥石流对当地居民生命安全和财产安全的威胁, 现据已有的数据进行资料分析后, 提出以下建议: 加强气象预测预报, 加强预防高度危险区的泥石流灾害, 在滑坡体内以及泥石流活动区科学合理植树种草, 增强保护山地环境和防治泥石流的意识和自觉性, 选择典型泥石流沟作为监测点进行长期监测。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张迎春. 铁路泥石流灾害风险评价与防治研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [2] 钟敦伦. 1981年四川暴雨泥石流[J]. 大自然探索, 1982(1): 52-58.
- [3] 李辉霞. 雅安地区水土流失危险度评价、分区和发展趋势分析[J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 17-19.
- [4] 刘希林, 苏鹏程. 四川省泥石流风险评价[J]. 灾害学, 2004, 19(2): 23-28.
- [5] 陈宜娟, 刘希林, 赵源. 四川省雅安市泥石流风险区划[C]//中国灾害防御协会风险分析专业委员会. 中国灾害防御协会风险分析专业委员会第二届年会论文集(1). 北京: 应用基础与工程科学学报, 2006.
- [6] 刘希林, 陈宜娟. 泥石流风险区划方法及其应用: 以四川西部地区为例[J]. 地理科学, 2010, 30(4): 558-565.
- [7] 于金蓉, 鞠丽红, 李显. 基于GIS空间建模的泥石流危险度评估[J]. 科学中国人, 2014(4): 30.
- [8] 刘丽娜. 芦山地震区泥石流易发性评价[D]. 北京: 中国地质大学, 2015.

的作用并未引起足够重视。降雪与冻结滞水的有效利用与调控以及植被覆盖变化所导致的非生长季节水热变化、黄土区冬季土壤—大气水分能量传输过程模拟与模型是值得研究的问题。

#### [参 考 文 献]

- [1] 于贵瑞,谢高地,王秋风,等. 西部地区植被恢复重建中几个问题的思考[J]. 自然资源学报, 2002, 17(2): 216-220.
- [2] 山仑. 怎样实现退耕还林还草[J]. 林业科学, 2000, 36(5): 2-4.
- [3] 刘小宁,李庆祥. 我国最大冻土深度变化及初步解释[J]. 应用气象学报, 2003, 14(3): 299-308.
- [4] 尚松浩,雷志栋,杨诗秀. 冬季田间水热状况的数值模拟[J]. 灌溉排水, 1997, 16(3): 13-17.
- [5] 李述训,南卓铜,赵林. 冻融作用对地气系统能量交换的影响分析[J]. 冰川冻土, 2002, 24(5): 506-511.
- [6] 郭占荣,荆恩春,聂振龙,等. 冻结期和冻融期土壤水分运移特征分析[J]. 水科学进展, 2002, 13(2): 298-302.
- [7] 李英年. 高寒草甸地区冷季水分资源及对牧草产量的可能影响[J]. 草地学报, 2001, 10(3): 15-20.
- [8] Yang, Meixue, Yao Tandong, Gou Xiaohua, et al. The soil moisture distribution, thawing-freezing processes and their effects on the seasonal transition on the Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2003, 21(5): 457-465.
- [9] 那平山,徐树林. 冻结滞水形成机制的探讨[J]. 冰川冻土, 1996, 18(3): 273-278.
- [10] 那平山,张明如,徐树林. 中国三北地区冻结滞水资源对生态环境建设的效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(3): 22-24.
- [11] 龚家栋,祁旭升,谢奎奎,等. 季节性冻融对土壤水分的作用及其在农业生产中的意义[J]. 冰川冻土, 1997, 19(4): 328-333.
- [12] 常晓丽,金会军,王永平,等. 植被对多年冻土的影响研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(24): 7981-7990.
- [13] 刘光生,王根绪,胡宏昌,等. 青藏高原多年冻土区植被盖度变化对活动层水热过程的影响[J]. 冰川冻土, 2009, 31(1): 89-95.
- [14] 梁四海,万力,李志明,等. 黄河源区冻土对植被的影响[J]. 冰川冻土, 2007, 29(1): 45-52.
- [15] Pikul J L, Ase J K. Fall contour ripping increases water infiltration into frozen soil[J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62(4): 1017-1025.
- [16] Oztas T, Fayetorbay F. Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability[J]. Catena, 2003, 52(1): 1-8.
- [17] 常晓丽,金会军,于少鹏,等. 大兴安岭林区不同植被对冻土地温的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5138-5147.
- [18] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [13] 陈国玉. 喜马拉雅山中部地区泥石流危险性评价研究[D]. 吉林 长春: 吉林大学, 2010.
- [14] 王霖琳. GIS支持下的泰山地区泥石流危险性评价研究[D]. 山东 济南: 山东农业大学, 2004.
- [15] 朱红春. 数字高程模型(DEM)空间数据挖掘研究[D]. 陕西 西安: 西北大学, 2003.
- [16] 王琼,杨武年,南聪强,何祯明. 基于RS和GIS的水土流失评价: 以四川省若尔盖县为例[J]. 中国水土保持, 2011(9): 33-36.
- [17] 韩金华. 基于GIS的白龙江流域泥石流危险性评价研究[D]. 甘肃 兰州: 兰州大学, 2010.

(上接第 283 页)

- [9] 王家柱,任光明,余天斌,等. 四川芦山震区大叶龙沟泥石流发育特征及危险度评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2015, 26(4): 1-5.
- [10] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. McGraw: Hill Company, 1980: 2271.
- [11] 王庆满,王家鼎,谷天峰,等. GIS和层次分析法在地质灾害小区划中的应用[J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2011, 8(11): 28-29.
- [12] 祁元,刘勇,杨正华,等. 基于GIS的兰州滑坡与泥石流灾害危险性分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(1): 96-104.